

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002394

International filing date: 17 February 2005 (17.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-043449  
Filing date: 19 February 2004 (19.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 28 April 2005 (28.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

01.04.2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   2 月 1 9 日  
Date of Application:

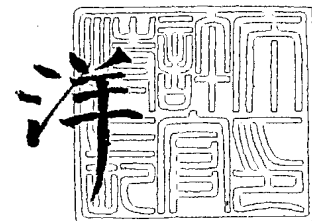
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 0 4 3 4 4 9  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 4 - 0 4 3 4 4 9 ]

出   願   人            東京エレクトロン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   2 月 1 5 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 JP042037  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/285  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 尾崎 成則  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 野口 秀幸  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 壁 義郎  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター 東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 伊佐 和裕  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000219967  
    【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100099944  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 高山 宏志  
    【電話番号】 045-477-3234  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 062617  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9606708

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

基板に対して減圧処理を施す基板処理装置におけるタングステンで汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 2】**

前記基板の処理はタングステンを含む基板の酸化処理であることを特徴とする請求項 1 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 3】**

前記基板の処理はプラズマ処理であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 4】**

タングステン系膜を含む基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、

前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 5】**

前記タングステン系膜を含む基板のプラズマ処理は、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含むゲート電極の選択酸化処理であることを特徴とする請求項 4 に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 6】**

前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 3 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 7】**

前記クリーニングは、 $O_2$  ガス単独のプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 8】**

前記クリーニングは、 $O_2$  ガスおよび不活性ガスのプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 9】**

前記クリーニングは、 $O_2$  ガスおよび水素ガスおよび不活性ガスのプラズマにより実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 10】**

前記クリーニングは、 $O_2$  ガスおよび不活性ガスのプラズマと、 $O_2$  ガスおよび水素ガスおよび不活性ガスのプラズマとを交互に形成して実施されることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

**【請求項 11】**

前記クリーニングに先立って、前記処理室をプラズマにより加熱することを特徴とする請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の基板処理装置における処理室のクリーニング方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板処理装置における処理室のクリーニング方法

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、基板処理装置における処理室のクリーニング方法に関し、より詳しくは、Wで汚染された処理室のクリーニング方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近時、LSIの高集積化、高速化の要請からLSIを構成する半導体素子のデザインルールが益々微細化されており、それにともなって、DRAM等に用いられるトランジスタのゲート電極の低抵抗化が求められている。そのため、より抵抗の低いW系膜がゲート電極として用いられつつあり、タングステンポリサイド(WSi/poly-Siの積層膜)や、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート(W/WN/poly-Siの積層構造)が注目されている。

【0 0 0 3】

一方、このようなタングステンポリメタルゲートやタングステンポリサイドを用いたゲート電極の製造プロセスにおいて、その側面のポリシリコンを選択酸化する工程が存在するが、その際に、タングステン酸化物を抑制しつつポリシリコンを選択酸化する観点から、プラズマ密度が高い低電子温度プラズマにより低温処理が可能な、RLSA(Radial Line Slot Antenna)マイクロ波プラズマ処理装置が用いられている(例えば特許文献1)。

【0 0 0 4】

このような処理においては、タングステンを含むSiウエハを処理することとなり、処理後の処理チャンバーはタングステンで汚染された状態となる。このような処理チャンバーで次の選択酸化処理を行う場合には、タングステンが処理に悪影響を与えタングステンがコンタミネーションとして素子に入り込むおそれがある他、タングステンによって酸化処理が妨げられてしまう。したがって、処理後の処理チャンバーはクリーニングにより汚染レベルを半導体素子を製造可能なレベルまで清浄化する必要がある。

【0 0 0 5】

従来、このようなWで汚染された処理チャンバーのクリーニングは、処理チャンバーを大気開放して、チャンバー内部部品を酸などでウェットクリーニングし、それに加えて真空チャンバー内壁を酸、水、または溶剤をしみこませたワイパーにより拭き取ることで行っている。

【0 0 0 6】

しかしながら、このようにクリーニングする場合には、処理チャンバーを大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデョニングする時間等、数時間単位の時間を要し、スループットが低くなる原因となっている。

【特許文献1】 特開 2 0 0 0 - 2 9 4 5 5 0 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 7】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、基板処理装置におけるタングステンで汚染された処理室を、高効率で清浄化することができる、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 8】

上記課題を解決するために、本発明の第1の観点では、基板に対して減圧処理を施す基板処理装置におけるタングステンで汚染された処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内にO<sub>2</sub>を含むガスを導入し

、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供する。

【0009】

また、本発明の第2の観点では、タングステン系膜を含む基板にプラズマ処理を施す基板処理装置における処理室をクリーニングするクリーニング方法であって、前記処理後、大気開放することなく前記処理室内に $O_2$ を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して前記処理室をクリーニングすることを特徴とする、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供する。

【0010】

上記第1の観点において、前記基板の処理としては、タングステンを含む基板の酸化処理を提供することができる。また、前記基板の処理としては、プラズマ処理を適用することができる。

【0011】

上記第2の観点において、前記タングステン系膜を含む基板のプラズマ処理として、タングステン系膜とポリシリコン膜とを含むゲート電極の選択酸化処理を適用することができる。

【0012】

上記第1の観点においてプラズマ処理を適用する場合、および上記第2の観点において、前記基板のプラズマ処理および前記クリーニングは、複数のスロットを有する平面アンテナにて前記処理室内にマイクロ波を導入して形成されるプラズマにより実施されることが好ましい。

【0013】

上記第1の観点および第2の観点において、前記クリーニングは、 $O_2$ ガス単独のプラズマ、 $O_2$ ガスおよび不活性ガスのプラズマ、 $O_2$ ガスおよび水素ガスおよび不活性ガスのプラズマにより実施することができる。また、前記クリーニングは、 $O_2$ ガスおよび不活性ガスのプラズマと、 $O_2$ ガスおよび水素ガスおよび不活性ガスのプラズマとを交互に形成して実施することができる。さらに、前記クリーニングに先立って、前記処理室をプラズマにより加熱してもよい。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、タングステン系膜を含む基板のプラズマ処理等によりタングステンで汚染された処理室を、大気開放することなく *in-situ* で $O_2$ を含むガスのプラズマにより処理することにより、タングステン成分を酸化させて昇華させることができ、極めて有効にタングステン成分を除去することができる。したがって、処理室を大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデョニングする時間等が必要であった従来のクリーニング処理に比較してクリーニング時間を著しく短縮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について具体的に説明する。

図1は、本発明の一実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図である。

【0016】

このプラズマ処理装置100は、マイクロ波プラズマにより酸化処理を行う装置であり、例えば、ゲート電極のポリシリコンの側壁を選択酸化する処理に用いられる。このプラズマ処理装置100は、気密に構成され、接地された略円筒状のチャンバー1を有している。チャンバー1の底壁1aの略中央部には円形の開口部10が形成されており、底壁1aにはこの開口部10と連通し、下方に向けて突出する排気室11が設けられている。チャンバー1内には被処理基板であるウエハWやダミーウエハWdを水平に支持するためのA1N等のセラミックスからなるサセプタ2が設けられている。このサセプタ2は、排気

室 11 の底部中央から上方に延びる円筒状の A1N 等のセラミックスからなる支持部材 3 により支持されている。サセプタ 2 の外縁部にはウエハ W をガイドするためのガイドリング 4 が設けられている。また、サセプタ 2 には抵抗加熱型のヒータ 5 が埋め込まれており、このヒータ 5 はヒータ電源 6 から給電されることによりサセプタ 2 を加熱して、その熱で被処理体であるウエハ W を加熱する。このとき、例えば室温から 800℃まで範囲で温度制御可能となっている。なお、チャンバー 1 の内周には、石英からなる円筒状のライナー 7 が設けられている。

#### 【0017】

サセプタ 2 には、ウエハ W を支持して昇降させるためのウエハ支持ピン（図示せず）がサセプタ 2 の表面に対して突没可能に設けられている。

#### 【0018】

チャンバー 1 の側壁には環状をなすガス導入部材 15 が設けられており、このガス導入部材 15 にはガス供給系 16 が接続されている。ガス導入部材はシャワー状に配置してもよい。このガス供給系 16 は、Ar ガス供給源 17、H<sub>2</sub> ガス供給源 18、O<sub>2</sub> ガス供給源 19 を有しており、これらガスが、それぞれガスライン 20 を介してガス導入部材 15 に至り、ガス導入部材 15 からチャンバー 1 内に導入される。なお、ガスライン 20 の各々には、マスフローコントローラ 21 およびその前後の開閉バルブ 22 が設けられている。

#### 【0019】

上記排気室 11 の側面には排気管 23 が接続されており、この排気管 23 には高速真空ポンプを含む排気装置 24 が接続されている。そしてこの排気装置 24 を作動させることによりチャンバー 1 内のガスが、排気室 11 の空間 11a 内へ均一に排出され、排気管 23 を介して排気される。これによりチャンバー 1 内は所定の真空度、例えば 0.133 Pa まで高速に減圧することが可能となっている。

#### 【0020】

チャンバー 1 の側壁には、プラズマ処理装置 100 に隣接する搬送室（図示せず）との間でウエハ W や、ダミーウエハ Wd の搬入出を行うための搬入出口 25 と、この搬入出口 25 を開閉するゲートバルブ 26 とが設けられている。

#### 【0021】

チャンバー 1 の上部は開口部となっており、この開口部の周縁部に沿ってリング状の支持部 27 が設けられており、この支持部 27 に誘電体、例えば石英や Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等のセラミックスからなり、マイクロ波を透過するマイクロ波透過板 28 がシール部材 29 を介して気密に設けられている。したがって、チャンバー 1 内は気密に保持される。

#### 【0022】

マイクロ波透過板 28 の上方には、サセプタ 2 と対向するように、円板状の平面アンテナ部材 31 が設けられている。この平面アンテナ部材 31 はチャンバー 1 の側壁上端に係止されている。平面アンテナ部材 31 は、例えば表面が金メッキされた銅板またはアルミニウム板からなり、多数のマイクロ波放射孔 32 が所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。このマイクロ波放射孔 32 は、例えば長溝状のスロットからなり、隣接するスロット同士が「T」字状に配置され、これら複数のスロットが同心円状に配置されている。なお、マイクロ波放射孔 32 は、円形状の貫通孔等他の形状であってもよい。この平面アンテナ部材 31 の上面には、真空よりも大きい誘電率を有する遅波材 33 が設けられている。チャンバー 1 の上面には、これら平面アンテナ部材 31 および遅波材 33 を覆うように、例えばアルミニウムやステンレス鋼等の金属材料からなるシールド蓋体 34 が設けられている。チャンバー 1 の上面とシールド蓋体 34 とはシール部材 35 によりシールされている。シールド蓋体 34 には、図示しない冷却水流路が形成されており、そこに冷却水を通流させることにより、平面アンテナ 31、マイクロ波透過板 28、遅波材 33、シールド蓋体 34 を冷却するようになっている。なお、シールド蓋体 34 は接地されている。

#### 【0023】

シールド蓋体 34 の上壁の中央には開口部 36 が形成されており、この開口部には導波管 37 が接続されている。この導波管 37 の端部には、マッチング回路 38 を介してマイクロ波発生装置 39 が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置 39 で発生した例えば周波数 2.45 GHz のマイクロ波が導波管 37 を介して上記平面アンテナ部材 31 へ伝搬されるようになっている。なお、マイクロ波の周波数としては、8.35 GHz、1.98 GHz 等を用いることもできる。

【 0 0 2 4 】

導波管 37 は、上記シールド蓋体 34 の開口部 36 から上方へ延出する断面円形状の同軸導波管 37a と、この同軸導波管 37a の上端部に接続された水平方向に延びる断面矩形状の矩形導波管 37b とを有している。矩形導波管 37b の同軸導波管 37a との接続部側の端部はモード変換器 40 となっている。同軸導波管 37a の中心には内導体 41 が延在しており、この内導体 41 の下端部は平面アンテナ部材 31 の中心に接続固定されている。

【 0 0 2 5 】

プラズマ処理装置 100 の各構成部は、プロセスコントローラ 50 に接続されて制御される構成となっている。プロセスコントローラ 50 には、工程管理者がプラズマ処理装置 100 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ処理装置 100 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなるユーザーインタフェース 51 が接続されている。

【0026】

また、プロセスコントローラ 50 には、プラズマ処理装置 100 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 50 の制御にて実現するための制御プログラムや処理条件データ等が記録されたレシピが格納された記憶部 52 が接続されている。

【 0 0 2 7 】

そして、必要に応じて、ユーザーインタフェース 51 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 52 から呼び出してプロセスコントローラ 50 に実行させることで、プロセスコントローラ 50 の制御下で、プラズマ処理装置 100 での所望の処理が行われる。

【 0 0 2 8 】

このように構成されたプラズマ処理装置 100 においては、上述したように、ゲート電極の選択酸化処理が行われる。ゲート電極は、従来、図 2 の (a) に示すように、Si 基板 61 上にゲート絶縁膜 62 を介してポリシリコン膜 63 を形成したものが用いられてきたが、LSI の高集積化、高速化にともなうデザインルールの微細化の要請から、ゲート電極の低抵抗化が求められており、図 2 の (b) に示すような、Si 基板 61 上にゲート絶縁膜 62 を介してポリシリコン膜 63 を形成し、さらにその上にタングステンシリサイド (WSi) 64 を形成したタングステンポリサイド構造や、図 2 の (c) に示すような、Si 基板 61 上にゲート絶縁膜 62 を介してポリシリコン膜 63 を形成し、さらにタングステンナイトライド (WN) 膜 65、およびタングステン (W) 膜 66 を形成した、より抵抗の低いタングステンポリメタルゲート構造等、タングステン (W) を用いたゲートが用いられている。したがって、ポリシリコンのみを酸化する選択酸化が必要となる。なお、図 2 の (a) ~ (c) において、符号 67 はゲート電極をエッチングする際に用いられた、例えば SiN からなるハードマスク層、68 は選択酸化により形成された酸化膜である。

【 0 0 2 9 】

これらのうち、図２の（ｃ）のタングステンポリメタルゲート電極を例にとってその製造工程を説明すると、まず、Ｓｉ基板６１上に例えば熱酸化等によりゲート絶縁膜６２を形成し、その上にＣＶＤによりポリシリコン膜６３、タングستنナイトライド（ＷＮ）膜６５、タングステン（Ｗ）膜６６、ハードマスク層６７を順次成膜し、その上にフォトリソグラフ膜（図示せず）を形成した後、フォトリソグラフィーによりフォトリソグラフ膜をマスクとしてハードマスク層６７をエッチングし、さらにフォトリソグラフ膜＋ハードマスク層６７またはハードマスク層６７をマスクとしてタングステン（Ｗ）膜６６、タンクス



テナイトライド (WN) 膜 65、ポリシリコン膜 63 を順次エッチングしてゲート電極構造を形成し、その後、以下の条件で選択酸化処理を行ってポリシリコン膜 63 の側壁に酸化膜 68 を形成し、図 2 の (c) の構造を得る。

#### 【0030】

プラズマ処理装置 100 によりゲート電極の選択酸化処理を行う際には、まず、ゲートバルブ 26 を開にして搬入出口 25 からゲート電極が形成されたウエハ W をチャンバー 1 内に搬入し、サセプタ 2 上に載置する。

#### 【0031】

そして、ガス供給系 16 の Ar ガス供給源 17、H<sub>2</sub> ガス供給源 18、および O<sub>2</sub> ガス供給源 19 から、Ar ガス、H<sub>2</sub> ガス、および O<sub>2</sub> ガスを所定の流量でガス導入部材 15 を介してチャンバー 1 内に導入し、所定の圧力に維持する。この際の条件としては、例えば流量を、Ar ガス: 1000 mL/min、H<sub>2</sub> ガス: 200 mL/min、O<sub>2</sub> ガス: 100 mL/min と高 H<sub>2</sub> ガス濃度の条件とし、チャンバー内圧力を 3~700 Pa、例えば 6.7 Pa (50 mTorr) とする。

#### 【0032】

次いで、マイクロ波発生装置 39 からのマイクロ波をマッチング回路 38 を経て導波管 37 に導く。マイクロ波は、矩形導波管 37b、モード変換器 40、および同軸導波管 37a を順次通って平面アンテナ部材 31 に供給され、平面アンテナ部材 31 からマイクロ波透過板 28 を経てチャンバー 1 内におけるウエハ W の上方空間に放射される。マイクロ波は、矩形導波管 37b 内では TE モードで伝搬し、この TE モードのマイクロ波はモード変換器 40 で TEM モードに変換されて、同軸導波管 37a 内を平面アンテナ部材 31 に向けて伝搬されていく。

#### 【0033】

平面アンテナ部材 31 からマイクロ波透過板 28 を経てチャンバー 1 に放射されたマイクロ波によりチャンバー 1 内では H<sub>2</sub> ガス、Ar ガス、および O<sub>2</sub> ガスがプラズマ化し、このプラズマによりウエハ W のゲート電極のポリシリコン側壁を選択酸化する。このマイクロ波プラズマは、略  $10^{12} / \text{cm}^3$  以上のプラズマ密度でかつ略 1.5 eV 以下の低電子温度プラズマであり、低温かつ短時間で選択酸化処理を行って薄い酸化膜を形成することができ、しかも下地膜へのイオン等のプラズマダメージが小さい等のメリットがある。また、図 2 の (b)、(c) に示すようなタングステン (W) を含むゲート電極の場合に、このように高密度プラズマにより低温、短時間で、かつ高 H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> のガス配合でポリシリコンの選択酸化処理を行うので、タングステン (W) の酸化による WO<sub>x</sub> (WO<sub>3</sub>、WO<sub>2</sub>、または WO) の昇華を極力抑えて極めて高精度の処理を行うことができる。

#### 【0034】

しかしながら、WO<sub>x</sub> の昇華は完全には防止することができず、昇華した WO<sub>x</sub> によってチャンバー 1 内が汚染される。このような状態のチャンバー 1 で次のウエハに対して選択酸化処理を行う場合には、チャンバー 1 に付着したタングステン (W) が処理に悪影響を与えタングステン (W) がコンタミネーションとして素子に入り込むおそれがある他、タングステン (W) によって酸化処理が妨げられてしまう。したがって、選択酸化処理後のチャンバー 1 はクリーニングによりタングステン (W) の汚染レベルを  $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^2$  以下のレベルまで清浄化する必要がある。汚染レベルは低いほど良い。

#### 【0035】

本実施形態においては、上述のような W を含有するゲート電極のポリシリコン側壁の選択酸化処理を行った後、W によって汚染されたチャンバー 1 を大気開放することなく、プラズマによるドライクリーニングを実施する。以下、このクリーニング処理について図 3 を参照しながら説明する。

#### 【0036】

選択酸化処理後、まず、図 3 の (a) に示すように、大気開放することなく、ゲートバルブ 26 を開にして減圧状態に保持された搬送室 70 から搬入出口 25 を介して搬送装置 71 により、清浄なダミーウエハ Wd をチャンバー 1 内に搬入し、サセプタ 2 上に載置す

る。これはダミーウエハWdにて、サセプタ2をプラズマから保護するため、およびチャンバー1のクリーニング後にダミーウエハWdの表面を観察して汚染状態の改善度合いを評価するために行われる。なお、この工程は必須のものではなく、サセプタ2のダメージを考慮する必要がない場合にはダミーウエハWdは載置しなくてもよい。

#### 【0037】

次に、図3の(b)に示すように、チャンバー1内を排気しつつガス供給系16からO<sub>2</sub>を含むガスをチャンバー1内に導入する。そして、図3の(c)に示すように、上記ポリシリコン側壁の選択酸化処理の際と同様、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波をチャンバー1内に導き、O<sub>2</sub>を含むガスをプラズマ化する。すなわち、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波は、マッチング回路38を経て導波管37に導かれ、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通って平面アンテナ部材31に供給され、平面アンテナ部材31からマイクロ波透過板28を経てチャンバー1内に放射され、このマイクロ波によりチャンバー1内に導入されたO<sub>2</sub>を含むガスがプラズマ化する。その際に、図3の(d)に示すように、このプラズマにより、基本的にチャンバー1に付着したW成分がWO<sub>x</sub>となって昇華し、排気管23を介して排気され、これにより、チャンバー1内が清浄化される。このようなクリーニング処理は、1枚のデバイスウエハの選択酸化処理が終了する毎に行うことが好ましい。また、選択酸化処理に先立って、クリーニング処理と同様の条件でシーズニング処理を行うことが好ましい。もちろん、デバイスウエハを複数枚処理した後にクリーニングするようにしてもよい。

#### 【0038】

このようなクリーニング処理において、チャンバー1内の圧力は、例えば3～700Paに設定される。また、チャンバー1内の温度は、45～500℃が好ましい。導入するO<sub>2</sub>を含むガスは、O<sub>2</sub>ガス単独でもよく、また、O<sub>2</sub>ガス+Arガスでも、O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスでもよい。O<sub>2</sub>ガス単独の場合には、その流量は50～1000mL/minが好ましく、特に、100～500mL/min程度が好ましい。O<sub>2</sub>ガスの流量が多くなりすぎるとプラズマ密度が低下するため、クリーニング効果が低下してしまう。O<sub>2</sub>ガスとArガスの両方を用いる場合には、これらの流量を適切に調整することにより、O<sub>2</sub>ガス単独の場合よりもクリーニング効果を高めることができる。これは、Arガスが入ることにより、プラズマ密度が高くなるためであると思われる。この場合の流量は、O<sub>2</sub>ガス：10～500mL/min、Arガス：200～2000mL/minが好ましい。そして、さらにH<sub>2</sub>ガスを適量加えることにより、クリーニング効果を一層高めることができる。ただし、H<sub>2</sub>ガスの流量を多くしすぎるとクリーニング効果は低下する。O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスの場合の流量は、O<sub>2</sub>ガス：10～500mL/min、Arガス：200～2000mL/min、H<sub>2</sub>ガス5～250mL/minが好ましい。H<sub>2</sub>ガスとO<sub>2</sub>ガスとの流量比が3以下でクリーニング効果を高めることができ、1以下がより好ましい。また、O<sub>2</sub>ガス+Arガスと、O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスとを交互に繰り返す、すなわちO<sub>2</sub>ガス+ArガスにH<sub>2</sub>ガスを間欠的に添加することにより、クリーニング効果をさらに高めることができる。さらに、図1の装置にHeガスまたはNeガスをチャンバー1内に導入するラインを設け、クリーニング条件のプラズマを生成する直前に、チャンバー内にHeガスまたはNeガスのプラズマを生成させることが好ましい。これにより、チャンバー1壁の表面温度をプラズマ加熱で上昇させておくことができ、WO<sub>x</sub>を一層昇華させやすくなるため、クリーニング効率が上昇する。さらに、マイクロ波発生装置39のパワーは1.0～5.0kWが好ましい。

#### 【0039】

このように、本実施形態によれば、チャンバー1を大気開放することなく、プラズマによりクリーニングしてチャンバー壁のW成分を除去することができるので、チャンバーを大気開放する時間、ウェット洗浄する時間、再排気する時間、および排気後の処理チャンバーを再コンデョニングする時間等が必要であった従来のクリーニング処理に比較してクリーニング時間を著しく短縮することができる。一例を挙げれば、従来少なくとも2時間必要であったものを、2～30分にすることができる。

## 【0040】

次に、本発明の効果を確認した実験について説明する。

まず、クリーニングのガス種および流量を変化させてクリーニング効果を確認した。この実験では、図1の装置を用い、最初にW汚染のないチャンバーに全面にW膜が形成されたSiウエハ(200mm)1枚をチャンバーに搬入し、クリーニング処理を模擬して、O<sub>2</sub>ガス単独、O<sub>2</sub>ガス+Arガス、O<sub>2</sub>ガス+H<sub>2</sub>ガス+Arガスを用い、流量を種々変化させてチャンバーに導入するとともに、マイクロ波発生装置のパワーを3.4kWとしてマイクロ波をチャンバーに導入し、ウエハ温度400℃でプラズマを180秒間生成した。チャンバー壁温度は45℃であった。

## 【0041】

次いで、W膜が形成されたSiウエハを搬出し、清浄なベアSiウエハを搬入し、ポリシリコンの選択酸化条件と同様の条件にてプラズマ処理を行った。すなわち、ガス流量: Ar/H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>=1000/200/100mL/minとし、チャンバー内圧力: 6.7Pa、マイクロ波発生装置のパワー: 3.4kW、チャンバー壁温度: 400℃、処理時間: 110秒とした。

## 【0042】

この処理の後、ベアSiウエハを搬出し、その表面のW汚染量をTXRF(全反射蛍光X線分析)により計測した。このW汚染量は上述のクリーニング条件によってW付きウエハから取り去られたW量と強い相関があると考えられ、取り去られたW量が多いほどクリーニング効果が大きいと判断できるため、このW汚染量によってクリーニング効果の大小を判断した。結果を図4に示す。

## 【0043】

図4に示すように、O<sub>2</sub>ガス単独の場合、流量を100、300、500mL/minで変化させたが、これらの中で、300mL/minが最もクリーニング効果が高かった。これは、O<sub>2</sub>ガスが多すぎるとプラズマ密度が低下しWO<sub>x</sub>の生成率が低くなるためであると考えられる。O<sub>2</sub>ガスとArガスの両方を供給した場合(Ar/O<sub>2</sub>=1000/100mL/min)には、ベアSiウエハのW濃度が増加し、O<sub>2</sub>ガス単独の場合に比較してクリーニング効果が上昇することが確認された。ArガスとO<sub>2</sub>ガスに、さらにH<sub>2</sub>ガスを適量加えた場合(Ar/H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>=1000/50/100mL/min)、クリーニング効果がさらに上昇することが確認された。ただし、H<sub>2</sub>ガスを多くしすぎると(Ar/H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>=1000/100/100mL/min)、かえってクリーニング効果が低下した。この実験の範囲では、Ar/H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>=1000/50/100mL/minにおいて最もクリーニング効果が高かった。

## 【0044】

次に、実際のクリーニングテストを行った。

ここでは、図1の構造の装置を用い、まず、チャンバーをクリーニングし、Wフリーの状態とした。次いで、サセプタ上のベアSiウエハを載せ、次の酸化処理の条件でチャンバー内のシーズニングを行った。

## 【0045】

その後、1枚目のウエハとして、ベアSiウエハをサセプタ上に載せ、ポリシリコンの選択酸化処理と同様の条件で酸化処理を行った。その際の条件は、ガス流量: Ar/H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>=1000/200/100mL/minとし、チャンバー内圧力: 6.7Pa、マイクロ波発生装置のパワー: 3.4kW、ウエハ温度: 400℃、処理時間: 110秒とした。処理後、この1枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果W濃度は検出限界の $3 \times 10^8$  atoms/cm<sup>2</sup>以下であった。なお、W濃度測定は、上述したTXRFを用いて行った(以下、同じ)。この値をチャンバーのリファレンスのW濃度とした。

## 【0046】

引き続き、表面にW膜を有するSiウエハをサセプタ上に載置し、処理時間を10分間にした以外は同様の条件で酸化処理を行った。なお、この時間はデバイスウエハ約1ロツ

ト（25枚相当）に対応する。処理後、このW膜付きウエハを搬出し、2枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタ上に載置し、1枚目のウエハと同様の条件で酸化処理を行った。処理後、この2枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。その結果、ウエハ表面のW濃度は約  $4 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^2$  と高くなり、チャンバー内のWの汚染レベルが高いことが確認された。

#### 【0047】

次いで、Ar/O<sub>2</sub> ガスによるプラズマクリーニングを行い、W汚染量の減少を確認した。すなわち、3枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタに載置し、ガス流量：Ar/O<sub>2</sub> = 1000/300 mL/min、チャンバー内圧力：6.7 Pa、マイクロ波発生装置のパワー：3.4 kW、ウエハ温度：400℃、チャンバー壁温度：45℃、処理時間：180秒の条件でクリーニング処理を行い、処理後、この3枚目のウエハを取り出して表面のW濃度を測定した。同様のクリーニング処理とW濃度測定を13枚目のウエハまで合計11枚繰り返した。

#### 【0048】

最後に、14枚目のウエハとしてベアSiウエハをサセプタに載置し、1枚目のウエハと同じ条件で酸化処理を行った後、この14枚目のウエハを取り出して表面のW濃度の厚さを測定した。これら一連の実験の結果を図5に示す。

#### 【0049】

図5は、横軸にウエハのNo.（何枚目か）をとり、縦軸にウエハ表面のW濃度をとって、本発明のクリーニングによる効果を示す図である。この図に示すように、本発明の範囲内の3分間のクリーニング処理がウエハ10枚分以内、すなわち30分間以内でW濃度が  $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^2$  以下の許容範囲となることが確認された。具体的には、21分以上、好ましくは27分以上でW濃度が  $1 \times 10^{10} \text{ atoms/cm}^2$  以下を達成可能であることが確認された。また、1枚目、2枚目、14枚目のウエハの選択酸化処理の際の酸化膜の厚さを測定した結果、1枚目では酸化膜の厚さが110秒の処理で7.99 nmであったのに対し、2枚目ではWの汚染によりポリシリコンの酸化が妨げられて酸化膜の厚さが110秒で7.75 nmと薄くなった。これに対し、チャンバー内がクリーニングされてW汚染が解消された後の14枚目のウエハにおける酸化膜の厚さは8.03 nmであり、W汚染による酸化阻害が生じていないことが確認された。

#### 【0050】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく種々変形可能である。たとえば、上記実施の形態では、処理装置としてマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播して低電子温度で高密度のプラズマを形成するプラズマ処理装置を用いたが、これに限らず、処理容器（チャンバー）内にW汚染が生じる処理装置であれば適用可能である。また、クリーニング処理をこのようなマイクロ波を複数のスロットを有する平面アンテナでチャンバー内に伝播してプラズマを生成することにより行ったが、これに限らず、容量結合型や誘導結合型のプラズマ等、他のプラズマであってもよい。また、W以外の他の低蒸気圧の金属でも適用できる可能性がある。

#### 【0051】

さらに、クリーニングガスとしてO<sub>2</sub> ガス単独、O<sub>2</sub> ガス+Arガス、O<sub>2</sub> ガス+H<sub>2</sub> ガス+Arガスを例示したが、上記組み合わせにおいて、Arガスを他の不活性ガス（He、Ne、Kr、Xe）に置き換えることも可能である。また、O<sub>2</sub> ガスを含むものであればよく、これら組み合わせに限定されない。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0052】

【図1】本発明の一実施形態に係る処理室のクリーニング方法が実施されるプラズマ処理装置の一例を模式的に示す断面図。

【図2】ゲート電極の構造を示す図であり、（a）は従来のポリシリコンからなるゲート電極を示し、（b）、（c）は本発明の実施形態が適用されるW系膜を含むゲート電極を示す図。

【図 3】 本発明の一実施形態に係るクリーニング方法を説明するための図。

【図 4】 ガス組成による W 除去効果の差を実験した結果を示す図。

【図 5】 実際に本発明のクリーニング方法を実施した場合の効果を示す図。

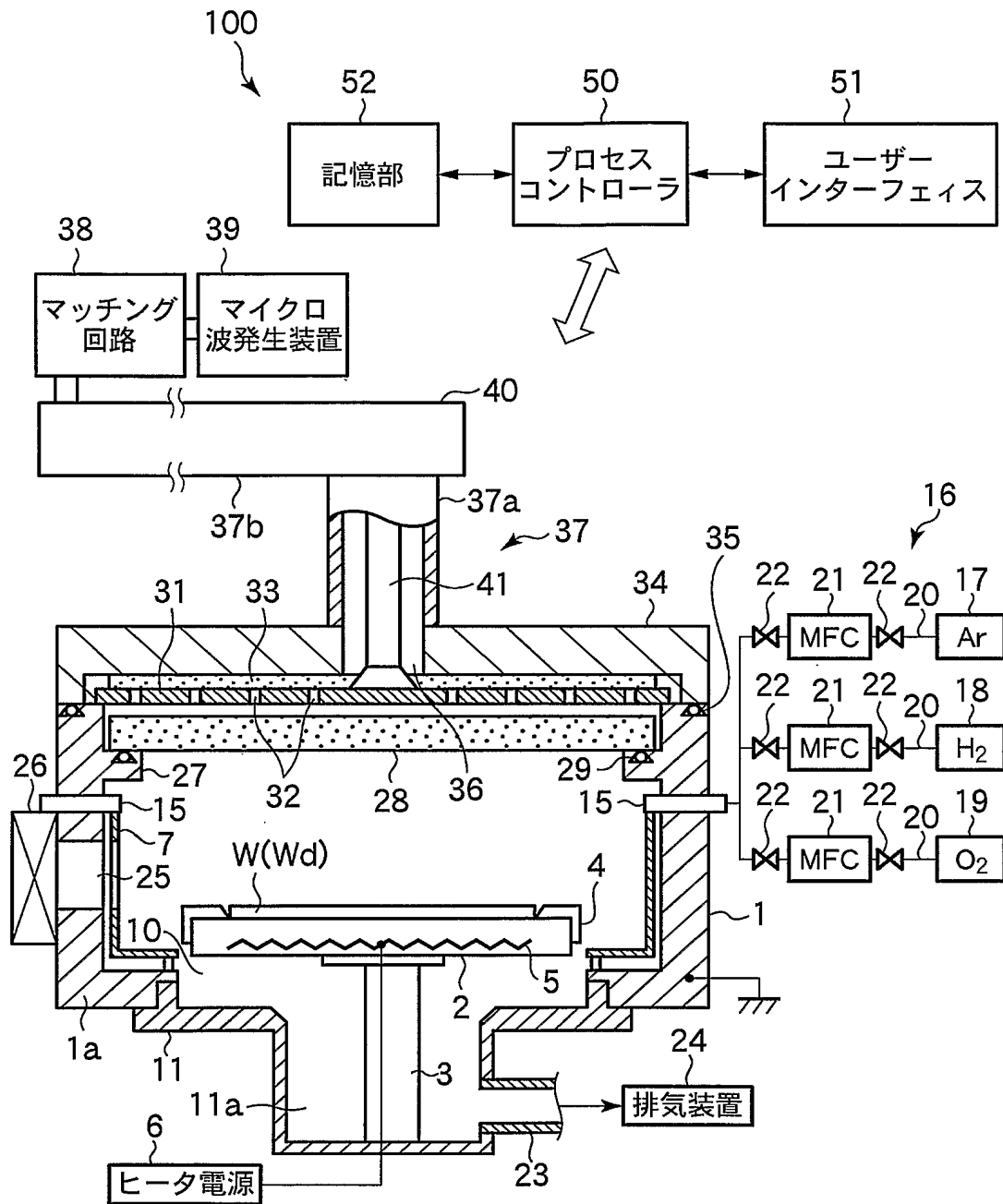
【符号の説明】

【 0 0 5 3 】

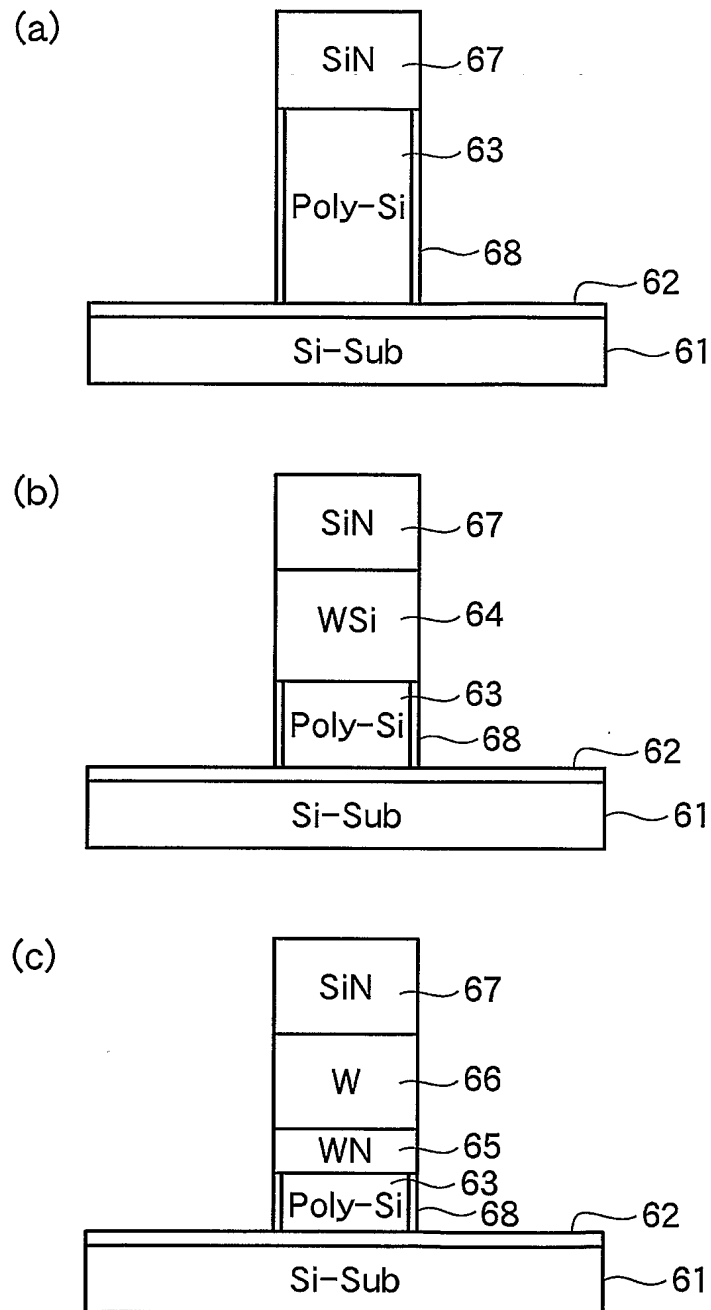
- 1 …チャンバー（処理室）
- 2 …サセプタ
- 3 …支持部材
- 5 …ヒータ
- 1 5 …ガス導入部材
- 1 6 …ガス供給系
- 1 7 …A r ガス供給源
- 1 8 …H<sub>2</sub> ガス供給源
- 1 9 …O<sub>2</sub> ガス供給源
- 2 3 …排気管
- 2 4 …排気装置
- 2 5 …搬入出口
- 2 6 …ゲートバルブ
- 2 8 …マイクロ波透過板
- 2 9 …シール部材
- 3 1 …平面アンテナ部材
- 3 2 …マイクロ波放射孔
- 3 7 …導波管
- 3 7 a …同軸導波管
- 3 7 b …矩形導波管
- 3 9 …マイクロ波発生装置
- 4 0 …モード変換器
- 5 0 …プロセスコントローラ
- 6 1 …S i 基板
- 6 2 …ゲート絶縁膜
- 6 3 …ポリシリコン膜
- 6 4 …W S i 膜
- 6 5 …W N 膜
- 6 6 …W 膜
- 6 8 …酸化膜
- 7 0 …搬送室
- 7 1 …搬送装置
- 1 0 0 …プラズマ処理装置
- W …ウエハ（基板）
- W d …ダミーウエハ

【書類名】 図面

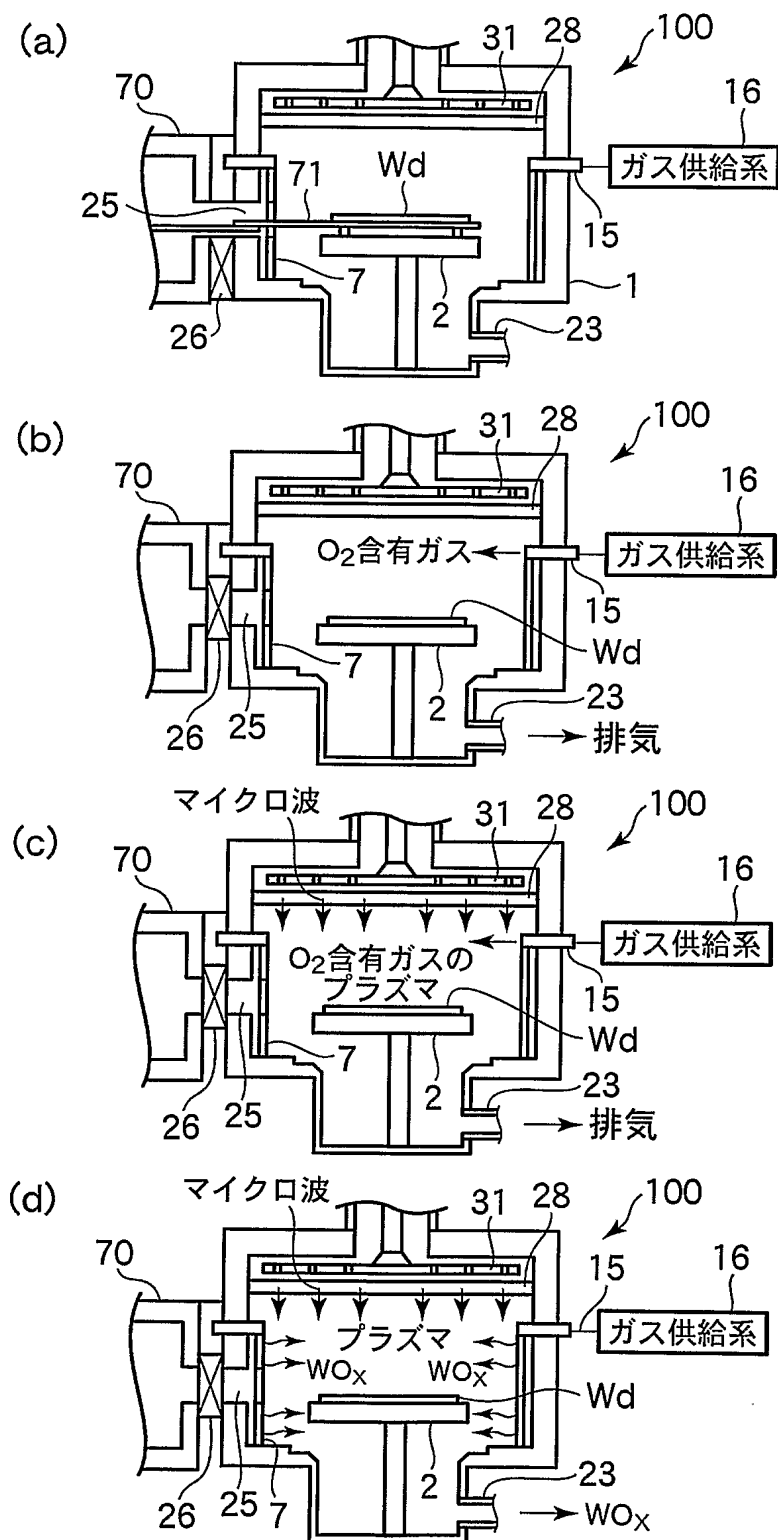
【図 1】



【図 2】

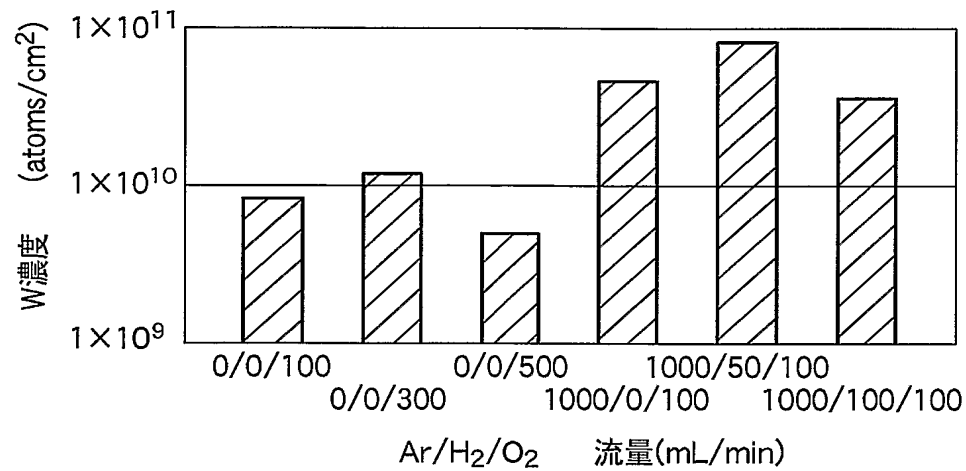


【図 3】

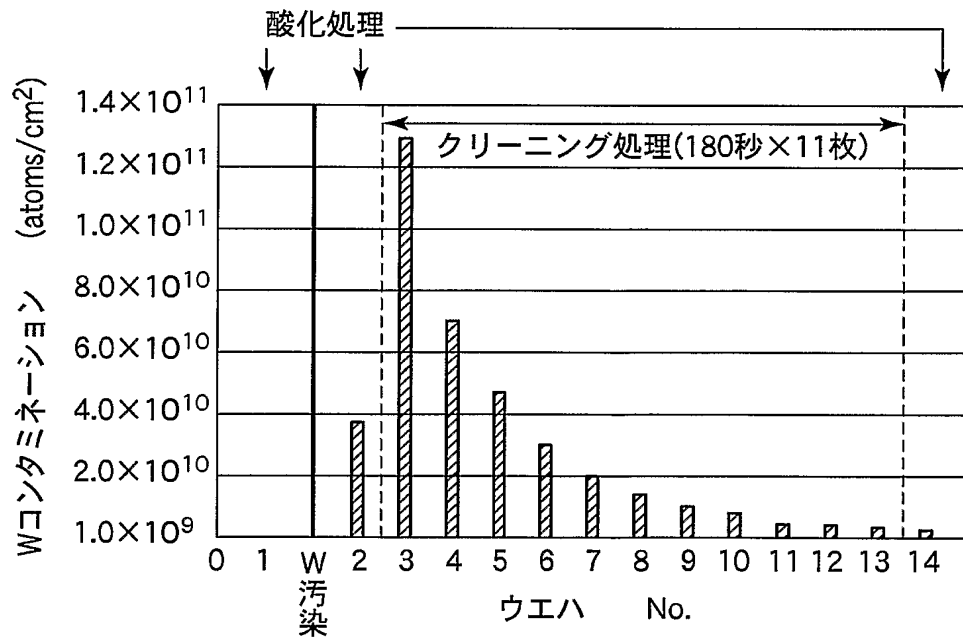




【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 基板処理装置におけるタンゲステンで汚染された処理室を、高効率で清浄化することができる、基板処理装置における処理室のクリーニング方法を提供すること。

【解決手段】 タンゲステン系膜を含む基板にプラズマ処理を施す基板処理装置 1 0 0 における処理室 1 をクリーニングするにあたり、プラズマ処理後、大気開放することなく処理室 1 内に  $O_2$  を含むガスを導入し、このガスのプラズマを形成して処理室 1 をクリーニングする。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 4 3 4 4 9
受付番号	5 0 4 0 0 2 7 1 0 1 5
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 6 年 2 月 2 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成16年 2月19日

特願 2 0 0 4 - 0 4 3 4 4 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 1 9 9 6 7 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号

氏 名

東京エレクトロン株式会社